

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 20051302446

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于遗传算法的减摇鳍 PID 控制器优化

Optimization the PID Controller of Fin Stabilizer Based on
Genetic Algorithm

朱 洪 华

指导教师姓名: 蔡 建 立 副教授

专 业 名 称: 控制理论与控制工程

论文提交日期: 2008 年 月

论文答辩时间: 2008 年 月

学位授予日期: 2008 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2008 年 月

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。
本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

本学位论文属于

- 1、保密（ ），在 年解密后适用本授权书。
- 2、不保密（ ）

(请在以上相应括号内打“√”)

作者签名: 日期: 年 月 日

导师签名: _____ 日期: _____ 年 ____ 月 ____ 日

摘 要

人类文明的进步与海洋运输密切相关。船舶在海上航行时, 由于受到海浪、海风以及海流等海洋环境扰动的作用, 不可避免的要产生摇荡运动。减摇鳍是一种应用最广泛的主动式减摇装置。随着计算机技术的发展, 智能控制不断完善, 为了提高减摇鳍系统的性能, 使减摇鳍在各种海况下都能起到很好的减摇效果, 进行了减摇鳍控制系统的研究工作。

本文讨论了二维不规则长峰波和三维不规则短峰波的模型建立和仿真, 在 MATLAB 基础上得到了较为理想的海浪模拟结果, 利用 OpenGL 完成了三维波浪的显示。针对标准遗传算法的缺陷, 研究了一类引入学习过程的新遗传算法。采用新遗传算法对减摇鳍 PID 控制器参数进行优化, 以尽量减小船舶横摇为目标。具体的内容和创新点包括:

一、研究了船舶线性横摇运动模型和非线性横摇运动模型, 然后基于海浪数学模型, 实现了海浪的二维和三维模拟, 在三维图像的处理上采用了 OpenGL 函数来实现, 仿真结果具有良好的视觉真实感, 同时采用将计算和显示分开的策略, 使仿真具有更快的速度, 基本上可以达到实时仿真。

二、简单介绍了几种目前常用的船舶减摇装置, 重点研究了船舶减摇鳍的控制系统构成, 包括系统中各个部分的功能、传递函数和减摇鳍的控制规律及适用于减摇鳍的改进 PID 控制器。

三、研究了遗传算法的基本理论, 针对标准遗传算法收敛速度慢和早熟的缺陷, 研究了一类引入学习过程的新遗传算法。采用惯用的测试函数进行比较研究, 仿真结果表明此算法提高了标准遗传算法的全局收敛速度, 克服了早熟的缺陷。

四、应用引入学习过程的遗传算法对减摇鳍 PID 控制器参数进行优化。进行了两种海情的仿真, 得到优化的参数和横摇角运动曲线, 并将之与传统的单纯形法进行比较, 证实了引入学习过程的遗传算法在非线性情况下的优越性。

关键词: 减摇鳍; 海浪仿真; 遗传算法

Abstract

The progress of human civilization is closely related to maritime transport. Ship while at sea, due to the waves, the sea breeze, the sea currents and other disturbance of the marine environment, inevitable must have the shaking movement. Fin stabilizer is one of the most effective ship-stabilized equipment. As the computer technology and intellectual control theory have developed quickly in recent years, a series of studies have done to design some effective and intelligent fin stabilizer in order to improve effect of the system of fin stabilizer.

The mathematical models of 2-D irregular long crested waves and 3-D irregular short crested waves are establish, and obtain a perfect real wave effect base on Matlab and finish the vision of 3-D ocean waves base on OpenGL. Design of a new GA which inquired a learning process which can effectively overcome the drawbacks of classical GA. Uses the new genetic algorithm to carry on the optimization to the parameter of Fin stabilizer PID controller, take as far as possible reduces the ships rolling as the goal. The main contents and innovation of this dissertation includes:

Firstly, Has studied the linear rolling movement model and the nonlinear rolling movement model of the ship. Then based on the ocean waves mathematical model, has realized the ocean waves two-dimensional and the three dimensional simulation, used the OpenGL function in three dimensional image's processing to realize, The simulation results have good visual realistic . Uses the strategy of separated of the calculates and demonstrates, enabled the simulation to have a quicker speed, basically might achieve the real-time emulation.

Secondly, Introduced simply several kind of present commonly used ships anti-rolling system, has studied the ships Fin stabilizer control system, including the system in each part of functions, the transfer function and the Fin stabilizer control rule and an improvement PID controller which is suitable for the Fin stabilizer.

Thirdly, design of a new GA which inquired a learning process which can effectively overcome the drawbacks of “early maturing” and bad globe convergency

of classical GA.

Fourthly, Uses the new GA to carry on the optimization to the parameter of Fin stabilizer PID controller. Has carried on two kind of sea sentiment simulation, obtains the optimized parameter and the rolling angular motion curve, and carry on the comparison with the traditional simplex method, confirmed the new GA is more useful in nonlinear circumstances.

Key words: Fin stabilizer; Ocean waves simulation; Genetic Algorithm

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 船舶减摇控制研究的意义	1
1.2 遗传算法的研究历史与现状	1
1.3 研究目标和内容	3
1.3.1 研究目标	3
1.3.2 研究内容	4
第 2 章 船舶横摇运动分析及海浪仿真	5
2.1 船舶横摇运动数学模型	5
2.1.1 船舶线性横摇运动模型	5
2.1.2 船舶非线性横摇模型	6
2.2 随机海浪信号仿真	7
2.2.1 线性波浪叠加法	7
2.2.2 长峰波随机海浪的仿真	8
2.3 三维短峰波随机海浪的仿真	10
2.4 本章小结	11
第 3 章 减摇鳍系统分析	12
3.1 船舶减摇装置概述	12
3.2 减摇鳍控制系统组成	14
3.3 减摇鳍控制规律	19
3.4 本章小结	20
第 4 章 遗传算法	21
4.1 遗传算法基本原理	21
4.2 遗传算法的组成	22
4.3 遗传算法的特点	27
4.4 引入学习过程的新遗传算法	28
4.4.1 引入学习过程的遗传算法的提出	28
4.4.2 仿真结果分析	31
4.5 本章小结	32
第 5 章 基于遗传算法的减摇鳍 PID 控制器优化设计	33
5.1 引入学习过程的遗传算法的参数选择	33
5.2 线性情况下基于新遗传算法的优化	35
5.2.1 算法实现	35
5.2.2 仿真实验	36
5.2.3 仿真结果分析	41
5.3 非线性情况下基于新遗传算法的优化	41
5.3.1 算法实现	41

5.3.2 仿真实验	41
5.3.3 仿真结果分析	46
5.4 本章小结	46
结论	48
1 研究结论	48
2 研究展望	48
参考文献	50
攻读硕士学位期间发表学术论文情况	53
致 谢	54

Contents

Chapter 1 Introduction.....	1
1.1 The Significance of Ships Stabilization Control Research	1
1.2 History and Status of Genetic Algorithms	1
1.3 Purpose of Research	3
1.3.1 Purpuse of Research.....	3
1.3.2 Contents of this paper	4
Chapter 2 Analysis of Ship Rolling and Ocean Waves Simulation	5
2. 1 The Mathematical Model of Ship Rolling Movement	5
2.1.1 The Linear Rolling Model of Ship.....	5
2.1.2 The Nonlinear Movement Model of Ship.....	6
2. 2 Simulation of Ocean Wave	7
2.2.1 Superposition of Linear Wave.....	7
2.2.2 Simulation of Long Wave	8
2. 3 Simulation of 3-D Short Wave	10
2.4 Summary of the Chapter.....	11
Chapter 3 Analysis of Fin Stabilizer.....	12
3.1 Introduction of Ship Anti-rolling System.....	12
3.2 The Composition of Fin Stabilizer	14
3.3 Contorl Rule of Fin Stabilizer	19
3.4 Summary of the Chapter.....	20
Chapter 4 Genetic Algorithms	21
4.1 Basic Principle of GA.....	21
4.2 The Composition of GA	22
4.3 The Characteristic of GA	27
4.4 New GA Which Inquiresd A Learning Process	28
4.4.1 Put the New GA	28
4.4.2 Analysis the Result of the Simulation	31
4.5 Summary of the Chapter.....	32
Chapter 5 Optimization the PID Controller of Fin Stabilizer Based on	
GA.....	33
5. 1 Choose Parameter of New GA	33
5. 2 In Linear Situation Based on New GA Optimization	35
5.2.1 The Algorithm Realizes	35
5.2.2 Simulation Experiment.....	36

5.2.3 Analysis the Result of the Simulation.....	41
5. 3 In Nonlinear Situation Based on New GA Optimization.....	41
5.3.1 The Algorithm Realizes	41
5.3.2 Simulation Experiment	41
5.3.3 Analysis the Result of the Simulation.....	46
5.4 Summary of the Chapter.....	46
Conclusion.....	48
1 Summary of the Research	48
2 Suggestion of Research Work	48
Bibliography	50
Published Papers of Author	53
Thanks.....	54

厦门大学博硕士论文摘要库

第 1 章 绪论

1.1 船舶减摇控制研究的意义

海洋一方面关系到国家的安全，保卫海疆不受侵犯是一个国家主权、尊严的重要体现。我国是一个海洋大国，有着辽阔的海疆，海岸线长达 8000 余公里。为了保卫祖国海疆的安全，维护祖国领土的完整，保护我国海洋资源不受侵犯，我们必须建立强大的国防力量，其中海军起着尤其重要的作用。

另一方面海洋具有极其巨大的资源，当各国领土范围基本确定和陆地资源日趋减少时，强国必然把争取战略资源的竞争焦点集中在极地、空间和海洋。因为海洋占地球表面积 71%，且已探知在海水中和海底下蕴藏着丰富的人类赖以生存的战略资源，人们日益认识到海洋必然会成为人类赖以生存和发展的第二物质空间。

人类文明的进步与海洋运输密切相关。水运是完成地区间、国与国间大宗货物贸易最有效最经济的运输方式。舰船在海上航行、工作时，由于受到海浪、海风以及海流等海洋环境扰动的作用，不可避免的要产生摇荡运动。如果把船作为刚体，则这种运动一般有六个自由度，称之为横摇、纵摇、艏摇、横荡、纵荡、垂荡(或升沉)。由于船舶经常需要航行在波涛汹涌的水面上，剧烈的摇荡对舰船的适航性、安全性、以及设备的正常工作、货物的固定和乘员的舒适性都会有很大的影响。对于军船来说，剧烈的摇荡会影响舰载飞机的正常起降，延误战机；还会使火炮无法精确地命中目标，以至于在战争中处于被动地位。因此，为了船舶的航行安全以及提高航行中的舒适性，船舶减摇一直是人们不懈努力的目标。

1.2 遗传算法的研究历史与现状

一直以来，人们只要谈到人工智能就马上想到逻辑、推理、规则，而一谈到计算问题就联想到解微分方程、矩阵运算等，似乎人工智能和计算是两条道上行

驶的车。人工智能在经过几十年的曲折发展之后,人们通过认真的反思,不断的探索新的研究途径,于是诞生了一个新的研究方向——计算智能。研究思维模拟主要有四个方向:1、基于心理学的符号处理方法,2、基于社会学层次的智能体方法,3、基于生物进化的自适应与进化计算方法,4、基于生理学的人工神经网络方法。当前计算智能主要是指后两个学派的学者(加上从事混沌计算和模糊计算等方面的学者)。实际上,只要是在计算机上,模拟人类思想,不论用什么方法,它的本质基础都是二进制数字计算。在目前符号处理主宰人工智能的情形下,更加应该强调遗传算法等以数学计算为基础的方法,它们对推动人工智能发展有着特殊的作用。计算机技术的飞速发展使得大规模的现实模拟成为可能,而且针对生物和社会现象的模拟,对人类认识自身及环境有着非常重大的意义,而进化是其中最诱人的领域之一。人的智能是从哪里来?归根结底是从生物的进化中来。反映在基因遗传中,脑的结构变化也是通过基因的一代代变化遗传下来的。每一种基因产生的生物染色体(视成一种结构)对环境都有一定的适应性,或叫适应度(fitness),而杂交以及基因变异则可能产生对环境适应性比较强的后代,通过优胜劣汰的自然选择过程,适应度高的结构就被保存了下来。所以从进化论的观点看,结构是适应的结果。在上世纪 50、60 年代,开始有几位计算机科学家独立进行了“人工进化系统”的研究,他们是利用进化的思想对实际的工程问题进行优化,这些研究形成了遗传算法的雏形。另外在上世纪 60 年代,L.J.Fogel 等人在设计有限态自动机器时提出了进化规划。后来,他们将此方法应用于数据诊断、模式识别和分类及控制系统的设计等问题,也取得了较好的结果。但是由于缺乏一种通用的编码方案,所以人们只能依赖变异而不能通过交叉来产生新的基因结构,导致遗传算法的收敛效果甚微。直到 20 世纪 60 年代中期人们提出了串位编码技术^[1]。这种编码方法既适用于变异操作,又适用于交叉操作,并且强调将交叉作为主要的遗传操作后,Holland 将该算法用于自然和人工系统的自适应行为的研究中,并于 1975 年出版了其开创性著作《Adaptation in Natural and Artificial System》,从而宣告了遗传算法的正式诞生。

早期的研究大多以对自然系统的计算机模拟为主。如 Fraser 的模拟研究,他提出了和现在的遗传算法十分相似的概念和思想。Holland 和 DeJong 的创造性研究成果改变了早期遗传算法研究的无目标性和理论指导的缺乏。其中,Holland

的《Adaptation in Natural and Artificial System》系统地阐述了遗传算法的基本理论和方法,并提出了对遗传算法的理论研究和发展极为重要的模式理论。这一理论首次确认了结构重组遗传操作对于获得隐含并行性的重要性。同年,DeJong 的重要论文《遗传自适应系统的行为分析》将 Holland 的模式理论与他的计算实验结合起来,并提出了诸如代沟等新的遗传操作技术。可以认为,DeJong 所作的研究工作是遗传算法发展过程中的一个里程碑。进入 80 年代,遗传算法迎来了兴盛发展时期,无论是理论研究还是应用研究都成了十分热门的课题。

遗传算法是基于“适者生存”的一种高度并行、随机和自适应的优化算法,它将问题的求解表示成“染色体”的适者生存过程,通过“染色体”群的一代代不断进化,包括选择、交叉和变异等操作,最终收敛到“最适应环境”的个体,从而求得问题的最优解或满意解。遗传算法是一种通用的优化算法,其编码技术和遗传操作比较简单,优化不受限制性条件的约束,而其两个最显著特点则是隐含并行性和全局解空间搜索。目前,随着计算机技术的发展,遗传算法愈来愈得到人们的重视,目前遗传算法所涉及的主要领域有自动控制、规划设计、组合优化、图象处理、信号处理、人工生命等。可见,遗传算法的应用研究已从初期的组合优化求解拓展到了许多更新、更工程化的应用方面。虽然遗传算法在许多优化问题中都有成功的应用,但其本身也存在一些不足。例如局部搜索能力差、存在未成熟收敛和随机漫游等现象,从而导致算法的收敛性能差,需要很长时间才能找到最优解,这些不足阻碍了遗传算法的推广应用。如何改善遗传算法的搜索能力和提高算法的收敛速度,使其更好地应用于实际问题的解决中,是各国学者一直探索的一个主要课题。

1.3 研究目标和内容

1.3.1 研究目标

采用引入学习过程的遗传算法优化减摇鳍 PID 控制器,在线性和非线性情况下,对不同海况的 PID 参数进行优化。

1.3.2 研究内容

- (1) 研究船舶海浪扰动模型和横摇运动模型，并进行不规则海浪的仿真；
- (2) 学习减摇鳍控制系统，包括减摇鳍控制器的主要参数、性能指标和控制规律等；
- (3) 针对简单遗传算法的缺陷，研究了一类引入学习过程的新遗传算法；
- (4) 利用新遗传算法，在线性情况下对减摇鳍 PID 控制器进行优化。
- (5) 利用新遗传算法，在非线性情况下对减摇鳍 PID 控制器进行优化。
- (6) 将新遗传算法优化结果与传统的单纯形法优化结果进行对比。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库